

Mémoire de Maîtrise en médecine n°5721

Le haut potentiel intellectuel : étude des liens entre la cognition et les émotions

(The gifted children: study of the correlations between cognition and emotions)

Etudiant

Lavenex Catia

Tuteur

Dr. Stéphan Philippe

Service universitaire de psychiatrie de l'enfant et de
l'adolescent (SUPEA), Département de Psychiatrie

Co-tuteur

Urban Sébastien, Ph.D.

Service universitaire de psychiatrie de l'enfant et de
l'adolescent (SUPEA), Département de Psychiatrie

Expert

Dr. Newman Christopher

Service de neuroréhabilitation pédiatrique, Département
Femme-mère-enfant

Lausanne, 13.01.2019

1 Table des matières

2	RÉSUMÉ	3
3	LES ENFANTS À HAUT POTENTIEL	4
3.1	HAUT POTENTIEL ET FONCTIONS EXÉCUTIVES	4
3.2	HAUT POTENTIEL ET ÉMOTIONS	8
4	HYPOTHÈSES	9
5	MÉTHODE	9
5.1	PARTICIPANTS	9
5.2	PROCÉDURE	10
5.3	MESURES	10
5.3.1	<i>Tâche du Stop Signal</i>	10
5.3.2	<i>Tâche du N-back</i>	12
5.3.3	<i>Tâche global / local</i>	13
5.3.4	<i>Tâche du Multimorphe</i>	16
5.3.5	<i>Analyses des données statistiques</i>	16
6	RÉSULTATS	17
7	DISCUSSION	20
8	LIMITATIONS DE L'ÉTUDE	22
9	CONCLUSION	22
10	BIBLIOGRAPHIE	23

2 Résumé

Les enfants à haut potentiel, bien que possédant un QI hors norme, peuvent être amenés à des difficultés relationnelles, émotionnelles et scolaires. Ce travail aura pour but d'étudier les caractéristiques cognitives et émotionnelles de ces enfants, dans l'objectif d'investiguer leur capacité d'auto-régulation. Dans ce cadre, trois tâches exécutives (Stop signal, N-back et Global/local) ainsi qu'une tâche de traitement émotionnel (Multimorphe) ont été administrées à deux groupes d'enfants (haut potentiel et contrôle). Les résultats ont pu démontrer, dans un premier temps, un usage plus important de stratégies proactives et réactives chez les haut potentiel lors d'une tâche d'inhibition de réponse dominante. Dans un second temps, nous avons observé une absence de corrélation entre les différents scores mesurés, avec toutefois un lien négatif entre la mise à jour de mémoire de travail et le traitement émotionnel chez les enfants à haut potentiel. Ainsi, nos résultats mettent en avant un fonctionnement globalement indépendant entre les divers processus cognitifs étudiés dans ce travail et le traitement émotionnel.

Mots clés : haut potentiel, émotions, fonctions exécutives, auto-régulation

3 Les enfants à haut potentiel

Les enfants à haut potentiel (EHP) sont un groupe hétérogène d'enfants possédant un quotient intellectuel (QI) supérieur ou égal à 130, lequel est déterminé sur la base de tests d'intelligence, tel que le WISC (Wechsler Intelligence Scale for Children) ou le WPPSI (Wechsler Preschool and Primary School Intelligence) (1). Les EHP ont été, et sont encore, sujets à de nombreuses recherches qui ont eu pour but de mieux comprendre leur fonctionnement, qui ne peut être réduit à leur unique performance élevée aux tests intellectuels (2). Dans cette optique, et dans une tentative d'élargir la conception du haut potentiel au-delà de leurs compétences aux tests de QI, Renzulli (2002) expliqua que le comportement du haut potentiel consiste en une interaction entre trois caractéristiques : des aptitudes intellectuelles supérieures à la moyenne, un engagement élevé dans les tâches (motivation intrinsèque élevée) ainsi qu'un haut niveau de créativité (3). Cet auteur intègre donc à sa définition du haut potentiel d'autres composantes psychologiques caractéristiques de ces enfants (2). Toutefois, malgré un développement cognitif précoce ainsi que des compétences intellectuelles plus performantes, certains de ces enfants semblent présenter des difficultés scolaires, sociales ainsi qu'émotionnelles (4). Plusieurs études ont pu notamment mettre en avant certaines difficultés d'ordre émotionnelles ou comportementales auxquelles le haut potentiel pouvait être confronté, telles que l'anxiété (2), le perfectionnisme (5) ou encore l'isolation sociale (6,7). Le haut potentiel regroupe donc diverses caractéristiques, tant du point de vue cognitif qu'émotionnel, qui devraient également être prises en compte dans la définition de cette catégorie d'enfants, jouant un rôle dans leur développement socio-affectif, scolaire et personnel.

Dans ce cadre, il est important de relever que l'intégrité des fonctions exécutives ainsi qu'un développement émotionnel harmonieux jouent tous deux un rôle primordial dans le maintien d'un comportement social, personnel ainsi que scolaire (8,9). Ce travail aura donc pour objectif de s'intéresser à ces deux aspects (exécutif/émotionnel) chez l'EHP, dans un but de meilleure compréhension du fonctionnement de ces enfants, dans un cadre plus large que l'unique valeur du QI. Dans le but de familiariser le lecteur aux différentes notions traitées dans ce travail, nous allons maintenant définir plus précisément les caractéristiques exécutives ainsi qu'émotionnelles des EHP.

3.1 Haut potentiel et fonctions exécutives

Les fonctions exécutives (FE) sont décrites comme « *un ensemble de processus (de planification, d'inhibition, de flexibilité, de contrôle...) dont la fonction principale est de faciliter l'adaptation du sujet à des situations nouvelles, et ce notamment lorsque les routines d'action, c'est-à-dire des habiletés cognitives automatisées, ne peuvent suffire* » (10). Certains auteurs se sont intéressés aux liens pouvant exister entre le QI et les performances à des tâches faisant intervenir les fonctions exécutives, et il a ainsi pu être démontré que les EHP possèdent un développement cognitif plus précoce que leurs pairs

du même âge (1). Afin de mieux comprendre les liens pouvant exister entre le QI et les FE, Arffa (2007) présenta une étude dans laquelle, à l'aide de différents tests neuropsychologiques, il put établir des liens positifs entre le QI plus élevé et les FE (tel que : la mémoire de travail, la planification, la résistance à l'interférence, la flexibilité mentale) (11). Dans ce même sens, diverses études se sont intéressées à ce lien, et il a pu être mis en évidence que des enfants ayant un $QI > 130$ présentaient une plus grande habileté dans la résolution de problème que leurs pairs du même âge ayant un QI dans la norme. Les stratégies utilisées dans la résolution de problème par les EHP afin de s'adapter à de nouvelles situations semblaient plus appropriées et élaborées (12). Johnson et al. (2003) ont quant à eux proposé une étude dans laquelle les processus attentionnels, la capacité d'inhibition (plus spécifiquement la résistance à l'interférence) ainsi que la vitesse de traitement ont été testées chez des EHP et des enfants tout venants âgés de 6-11 ans (13). Les résultats ont pu mettre en évidence des compétences supérieures des EHP dans ces différentes compétences cognitives.

En somme, diverses études mettent en avant le fait que les EHP auraient des FE plus efficaces que des enfants tout venants, ce qui leur confèrerait, entre autres, une plus grande aisance dans la focalisation de leur attention lors de la résolution de problème, ainsi qu'une meilleure gestion de la mémoire de travail (4). Dans ce travail, nous nous intéresserons essentiellement à trois FE, selon le modèle de Miyake et al. (2000), qui sont largement considérées comme les trois composantes principales des FE dans la littérature (14–16) : 1) l'inhibition d'une réponse dominante, 2) la mise à jour de mémoire de travail, et 3) la flexibilité. Plus précisément :

1. **La capacité d'inhibition** peut être définie comme « *un processus qui permet de bloquer ou de supprimer des informations ou des réponses non pertinentes pour l'objectif à atteindre* » (17). L'inhibition est composée d'un ensemble de fonctions distinctes qui, selon un article de Miyake et Friedman (2004), peuvent se subdiviser en trois processus: 1) l'inhibition de réponse dominante (habileté à délibérément supprimer des informations dominantes), 2) la résistance à une interférence liée à des distracteurs externes (habiletés à résister à des informations de l'environnement externes non pertinentes pour la tâche en cours), 3) et la résistance à des interférences pro-active (habiletés à résister à des informations qui étaient pertinentes par le passé mais qui ne le sont plus) (18).

Dans ce travail nous nous concentrerons sur l'inhibition d'une réponse dominante, qui a été largement décrite et acceptée en tant que processus lié à l'inhibition et qui est définie comme étant une habileté qui nous permet de constamment réorienter une réponse motrice ou comportementale planifiée en fonction des changements de notre environnement ou état interne (18–20). Cette habileté peut être étudiée à l'aide de la tâche du Stop Signal, qui consiste en la présentation de stimulus « GO » (permettant l'activation de la réponse) et de stimulus STOP

(entraînant l'inhibition de la réponse) (21). L'alternance de stimulus « GO » et de stimulus « STOP » amène le participant à devoir jongler entre deux demandes entrant en conflit ; le participant devra répondre aussi vite que possible lors de stimulus « GO » mais devra pouvoir inhiber cette réponse lors de l'apparition de stimulus « STOP » (20). Cette compétition engendre la mise en place de différentes stratégies par le participant afin d'ajuster sa performance à la tâche (20). Ces stratégies de réponses, étant plus globalement reliées aux processus de contrôle cognitif et non spécifiquement à la capacité d'inhibition, peuvent être catégorisées en stratégies d'ajustement réactif (ralentissement du temps de réponse suite à une erreur d'inhibition) ou proactif (accélération ou ralentissement du temps de réponse lors de stimulus « GO » dans le but d'augmenter les chances de succès lors de stimulus « STOP ») (20,22). Dans ce travail, nous analyserons trois types de stratégies : 1) *la sensibilité à l'erreur* (ajustement réactif du temps de réponse), 2) *la prise de risque* (ajustement proactif par accélération du temps de réponse), 3) *la prudence* (ajustement proactif par ralentissement du temps de réponse) (20).

2. **La mémoire de travail** : La mémoire à court terme, qui concerne « *tous les processus cognitifs qui permettent le stockage d'informations verbales et visuo-spatiales durant quelques secondes* » (23), est composée de multiples sous-systèmes, dont la mémoire de travail (MdT). La MdT a deux fonctions principales qui sont la mise à jour (manipulation, traitement cognitif de l'information pour la tâche cours) et le maintien temporaire des informations, impliqué dans une utilisation immédiate de l'information (16).

Dans ce travail nous nous intéresserons à la fonction de mise à jour, qui est une entité dynamique de la MdT nous permettant de réviser, ainsi que de remplacer des informations n'étant plus pertinentes par de nouvelles informations lors de la réalisation de tâches cognitives diverses (24). Une tâche permettant d'évaluer la mise à jour de la MdT est la tâche du N-back (25). Dans cette tâche, une série de stimulus verbaux ou non verbaux est présentée au participant. Ce dernier doit signaler si l'item en cours correspond à l'item apparu il y a N item, où N représente un chiffre entier (généralement un, deux ou trois). Plus précisément, lorsque $N=1$, chaque nouvel item doit être associé à l'item précédent directement, tandis que lorsque $N=2$, le participant devra se remémorer l'item présenté il y a deux items (26,27). La tâche du N-back nécessitera un encodage des items présentés, un maintien de ceux-ci en mémoire ainsi qu'une association entre les items présentés et ceux retenus en mémoire. En cela, la tâche du N-back demande une reconnaissance dynamique des informations, et requiert une capacité de manipulation (mise à jour) ainsi que de maintien temporaire d'une information (28).

3. **La flexibilité** : La flexibilité cognitive est considérée comme la « *capacité à appliquer de manière contrôlée, différents modes de traitement à une même situation, afin de s'orienter vers le plus efficace compte tenu des caractéristiques de la tâche* » (29). En cela, la flexibilité requiert « *un désengagement de l'attention de certaines informations et un engagement à l'égard d'autres informations en fonction des exigences de la situation* » (16). L'usage de la flexibilité cognitive nous est donc utile lors de la recherche de nouvelles solutions plus pertinentes lorsque des mêmes représentations ou actions sont possibles pour une même situation (29). La flexibilité cognitive requière la capacité de pouvoir intégrer les multiples propriétés d'un objet, dans un but d'accéder aux diverses représentations existantes de cet objet, ainsi que la capacité de sélectionner la bonne réponse en fonction des changements de la situation (p.ex changement de consignes) (30).

Une tâche pouvant être utilisée pour mesurer la flexibilité cognitive est la tâche du Global/Local Shifting (31). Cette tâche consiste en la présentation de quatre formes géométriques (formes globales : triangles, carrés, pentagones ou hexagones) dont les côtés sont formés d'un type de petites formes géométriques (formes locales : triangles, carrés, pentagones ou hexagones). Ces différentes figurent apparaissent à l'écran soit en rose, soit en jaune. Le participant devra déterminer le nombre de côtés de la figure globale lorsque celle-ci apparait en rose. Lorsque la figure se présente en jaune, le sujet devra indiquer le nombre de côtés constituant la figure locale (31). Selon la couleur de la figure, le sujet devra donc être capable de diriger son attention vers l'une ou l'autre règle. La variable mesurée dans cette tâche est le coût de flexibilité, qui est calculé sous forme de ratio au niveau global, local et mixte (différence entre les médianes des temps de réaction lors des différentes règles, voir méthode pour plus de détails).

Ces trois FE, bien que communément admises comme les trois FE principales, ont rarement été l'objet d'études visant à les corrélérer spécifiquement au niveau de QI à l'aide de tâches cognitives spécifiques (32). La plupart des auteurs s'étant intéressé à cet aspect se sont servi de tâches complexes impliquant plusieurs processus cognitifs, tel que le Wisconsin Sorting Card Test (11,33). Friedman et al. (2006) ont présenté dans leur étude, à l'aide de tâches cognitives spécifiques, des corrélations positives entre le QI et la mise à jour de MdT chez des jeunes adultes (32). Cependant, aucune corrélation significative n'a été trouvée concernant l'inhibition d'une réponse dominante et la flexibilité cognitive. Il est toutefois à noter que les sujets ayant participé à cette étude sont représentatifs de la population générale du point de vue de leurs habiletés cognitives (QI dans la norme) (32). Notre étude aura pour but de s'intéresser aux liens entre les trois FE précédemment décrites et le niveau du QI chez des enfants. Pour effectuer cela, nous nous servirons de différentes tâches cognitives spécifiques, considérées chacune comme des

tâches valides dans la mesure des processus exécutif de notre intérêt (20,27,31). À notre connaissance, aucune étude n'a encore testé les liens pouvant exister entre les tâches cognitives spécifiques qui seront utilisées dans ce travail (Stop signal, N-back et Global/local) et le haut niveau du QI.

3.2 Haut potentiel et émotions

De nombreuses études relèvent les difficultés émotionnelles, relationnelles et scolaires auxquelles peuvent être confrontés les jeunes à haut potentiel (34). Divers axes de recherches se sont développés dans un but de mieux comprendre ce qui pouvait amener l'EHP à avoir, parfois, des parcours de vie difficiles. Ainsi, nous pouvons citer le concept d'hyperstimulabilité, qui correspond à « *un ensemble de réactions innées, extrêmes et constantes en réponse à des stimuli internes ou externes* » (35). L'hyperstimulabilité est composée de cinq formes, qui sont : 1) la forme psychomotrice, 2) la forme sensuelle, 3) la forme imaginaire, 4) la forme intellectuelle, et 5) la forme émotionnelle (2). Différentes études menées à l'aide du questionnaire de l'hyperstimulabilité (OEQ : Over Excitability Questionnaire) ont pu mettre en évidence essentiellement deux formes de l'hyperstimulabilité plus importantes chez les jeunes à haut potentiel, soit la forme émotionnelle (sensibilité accrue aux informations émotionnelles) et la forme intellectuelle (pertinence dans les questions, curiosité, besoin de comprendre) (2,36,37).

Morelock (1996) intégra à sa définition du haut potentiel cette notion d'hyperstimulabilité et expliqua que la précocité du développement cognitif ainsi que la présence d'une hypersensibilité pourraient participer à un vécu interne des expériences ainsi qu'au développement d'une conscience qualitativement différents de celui des enfants tout venants, pouvant notamment entraver l'estime de soi (Columbus Group 1991) (38). Cette précocité cognitive et ces caractéristiques du vécu émotionnel que l'on peut retrouver chez le jeune à haut potentiel ont également été décrit par divers autres auteurs, sous forme de « développement asynchrone » (7,38). Le développement asynchrone a été défini comme : « *un décalage entre le développement cognitif de l'EHP et le développement de son affectivité et de sa motricité* » (39). Ce développement asynchrone a donc été mis en lien avec la vulnérabilité des EHP de présenter des troubles d'ordres sociaux-affectifs (40).

Plus récemment, Blair et Dennis (2010) ont relevé l'importance d'une interaction harmonieuse entre cognition et émotion dans les processus développementaux de l'enfant (41). De plus, une interaction dynamique entre l'émotion et la cognition mènerait au bon développement de l'auto-régulation chez l'enfant (42). L'auto-régulation, ou régulation intrinsèque, consiste en la capacité à réguler la cognition, les émotions ainsi que les actions dans le but de favoriser l'adaptation du sujet à son environnement (43). Il a pu être démontré que des enfants présentant une bonne auto-régulation étaient associés à de plus importants succès scolaires, ainsi qu'à une meilleure gestion de leur vie sociale et privée (44,45).

Il est à noter que l'auto-régulation est un processus dynamique, qui varie en fonction de la période développementale dans laquelle nous sommes (43).

Afin d'explorer le traitement émotionnel des EHP dans le cadre de notre étude traitant des liens entre cognition et émotions, nous nous servirons de la tâche du Multimorphe. Cette tâche consiste en la présentation de visages neutres évoluant dynamiquement vers l'une des 6 émotions de base (joie, peur, tristesse, dégoût, surprise et colère). À notre connaissance, aucune étude n'a testé le traitement d'informations émotionnelles des EHP à l'aide de la tâche du Multimorphe.

4 Hypothèses

Premièrement, nous nous intéresserons aux différences que peuvent présenter les deux différents groupes (EHP/contrôles) dans la réalisation de tâches exécutives (inhibition de réponse dominante, MdT et flexibilité). Nous réaliserons également une analyse comparative de leur performance à une tâche de traitement émotionnel. Nous nous attendons à de meilleurs résultats dans la population des EHP quant aux tâches exécutives (11–13). Concernant la tâche de traitement émotionnel, nous pourrions nous attendre à de moins bonnes performances de la part des EHP, qui pourraient être mises en lien avec l'hyperstimulabilité émotionnelle, potentiellement perturbatrice dans leur gestion de la tâche (2,7,34,38).

Afin de mieux comprendre les difficultés sociales, scolaires et personnelles auxquelles peuvent être confrontés les EHP, nous nous intéresserons, dans un deuxième temps, aux potentiels liens existants entre la réalisation de tâches exécutives et le traitement émotionnel chez ces enfants dans un but d'explorer leur capacité d'auto-régulation. En effet, l'auto-régulation nécessitant un développement harmonieux entre la cognition et les émotions, et au vu des éléments mis en évidence sur le développement cognitif et émotionnel chez les jeunes à haut potentiel, nous pourrions imaginer l'absence de corrélation entre la réalisation à des tâches exécutives et émotionnelle, ce qui participerait à la mise en place d'une auto-régulation non optimale chez les EHP.

5 Méthode

5.1 Participants

Les données sur lesquelles se base ce travail portent sur 40 enfants, 19 EHP et 21 sujets contrôles (âge moyen=15.5 ans). Le groupe des participants à haut potentiel a été recruté dans deux consultations ambulatoires du Service universitaire de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent de Lausanne (SUPEA), tandis que le groupe contrôle a été recruté par annonce et bouche à oreille.

Les différents critères d'inclusions des patients étaient les suivants : 1) les enfants devaient être âgés de 12 à 18 ans, 2) les EHP devaient présenter un $QI > 130$ au WISC IV (selon l'indice d'aptitude générale, composé de l'indice de compréhension verbale et l'indice de raisonnement perceptif, Lecerf et al. 2010), 3) les participants ne devaient présenter aucun trouble diagnostiqué du DSM IV, 4) et finalement, afin de réduire l'hétérogénéité due au sexe, uniquement des garçons ont participé à l'étude (46).

Le critère d'exclusion pour le groupe contrôle consistait en des résultats supérieurs au percentile 95 à l'épreuve des Matrices Progressives de Raven (46). Ainsi, quatre participants contrôles ont été écartés de l'étude dû à ce critère.

5.2 Procédure

Les participants ont été soumis à quatre tâches différentes, trois mesurant les fonctions exécutives, et une tâche mesurant le traitement émotionnel.

Comme mentionné précédemment dans ce travail, nous traiterons de trois fonctions exécutives, soit l'inhibition d'une réponse dominante, la MdT ainsi que la flexibilité. Les tâches sélectionnées pour ces différentes fonctions sont, respectivement, la tâche du Stop Signal avec matériel neutre, la tâche du N-Back et la tâche du Global-Local Shifting. En plus de cela, les deux différents groupes ont participé à une tâche de traitement émotionnel, qui est la tâche du Multimorphe.

L'étude a été approuvée et autorisée par la commission cantonale d'éthique de la recherche de l'être humain.

5.3 Mesures

5.3.1 Tâche du Stop Signal (21)

Cette tâche permet d'évaluer la capacité d'inhibition d'une réponse dominante, c'est-à-dire l'habileté à supprimer une réponse planifiée lorsqu'un signal « STOP » (sous forme de carré rouge) apparaît.

La tâche du Stop Signal consiste en la présentation de stimulus « GO », correspondant à l'apparition aléatoire d'un rond jaune ou d'un rond bleu sur un écran d'ordinateur (un stimulus = un rond). Suivant la couleur du rond représentée à l'écran, l'enfant doit appuyer sur un bouton-réponse du clavier correspondant à cette couleur. Dans le but d'éviter l'utilisation de la mémoire de travail dans cette tâche, chacun des boutons-réponses contenaient un marquage associé à chacune des couleurs. Chaque stimulus débute par la présentation d'une croix à fixer durant 500 à 1000 ms (temps généré aléatoirement par le logiciel). Après l'apparition du stimulus, l'essai se termine soit avec la réponse du participant, soit après 1500 ms du début du stimulus. Les sujets ont premièrement été soumis à une phase d'entraînement, contenant 10 stimulus avec trois signaux « STOP ». Suite à cela, les participants ont effectué quatre

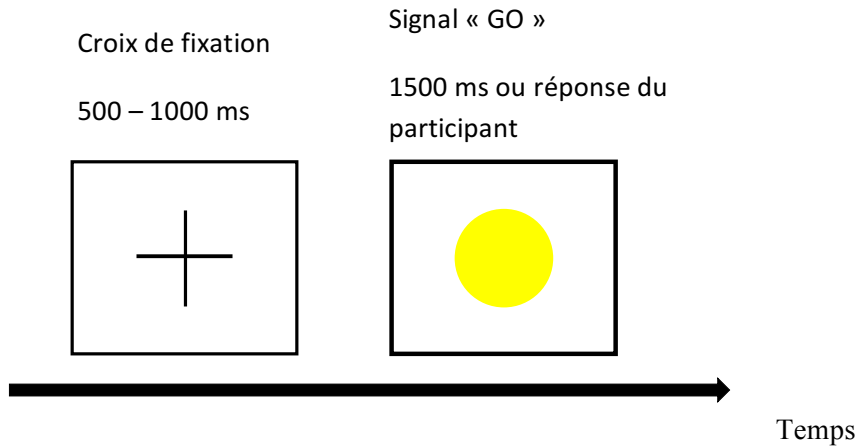
blocs de 48 stimulus chacun, contenant 12 signaux « STOP » (correspondant à 25% des réponses). Les signaux « STOP » consistent en l'apparition d'un carré rouge entourant le stimulus « GO ».

Le délai d'apparition du signal « STOP » après le début d'un stimulus « GO » (SSD) a été fixé à 250ms pour la phase d'entraînement. Pour les quatre blocs suivant, le SSD a été ajusté à ± 50 ms, en fonction de la réussite du sujet à inhiber une réponse dominante dans les stimulus précédents contenant des signaux « STOP ».

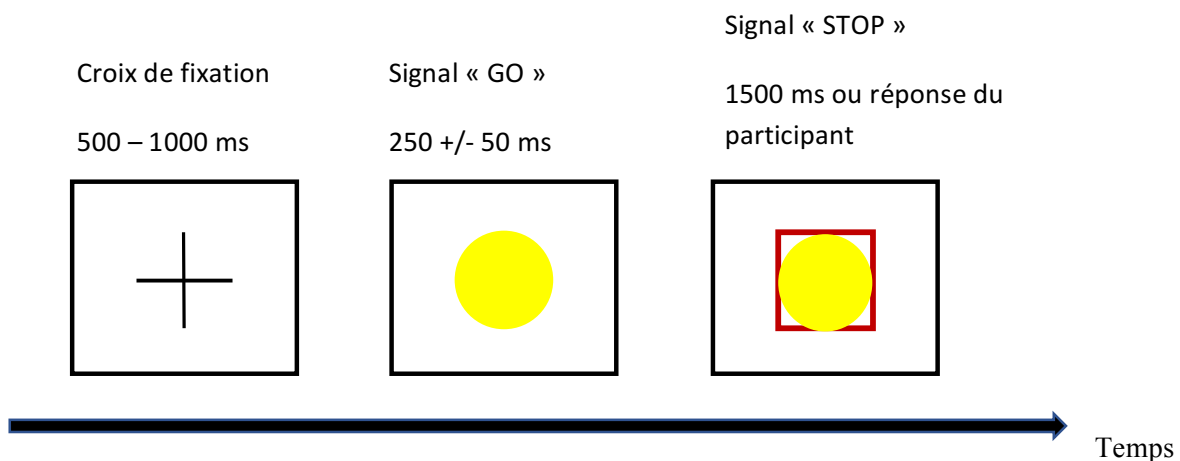
Mesures : nous nous intéresserons au temps de réaction au Stop Signal (SSRT). Un SSRT élevé correspond à des capacités d'inhibition de réponse dominante moins performantes (47). Nous analyserons également trois ratios (ralentissement pondéré en fonction de différences sur les TR) représentant trois types de stratégies de réponses pouvant être mises en place par le participant : 1) *la sensibilité à l'erreur* (ajustement réactif du TR), 2) *la prise de risque* (ajustement proactif par accélération du TR), 3) *la prudence* (ajustement proactif par ralentissement du TR) (48). Le SSRT peut être calculé en soustrayant la moyenne des SSD à la distribution des temps de réponses dans les essais « GO » (21) ; la prudence et la prise de risque ont pu être trouvées en prenant en compte les variations des TR lors de stimulus « GO » sans stop signal en comparaison aux TR globaux ; la sensibilité à l'erreur a été calculée grâce aux TR suivant un échec d'inhibition lors de la présence de signal stop, comparés aux TR suivants un succès d'inhibition lors de signal stop (48).

Illustration de la tâche :

Essais « GO »



Essais « STOP »



5.3.2 Tâche du N-back (48)

Cette tâche permet de mesurer la faculté de mise à jour de la MdT. Des chiffres impairs allant de 1 à 9 ont été présentés successivement aux enfants, sur un écran d'ordinateur.

Il a été demandé aux participants de signaler, en appuyant sur un bouton-réponse du clavier, si le chiffre apparaissant à l'écran correspondait au chiffre vu juste avant (partie N-1), ou s'il correspondait à l'avant dernier chiffre apparu (partie N-2).

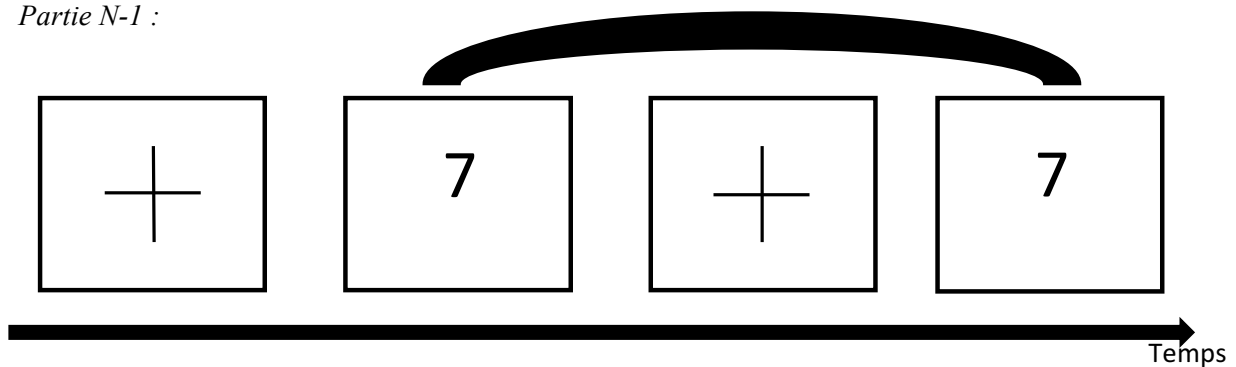
Chaque enfant a participé à trois différentes parties de la tâche : une phase d'entraînement, la partie N-1 (60 apparitions de chiffres, dont 20 nécessitaient un signalement), puis la partie N-2 (deux blocs de 60 apparitions de chiffres, dont 15 nécessitaient un signalement, pour chaque bloc).

Chaque stimulus (apparition de chiffre) a débuté par la fixation d'une croix, pendant environ 2000ms, puis le chiffre apparaissait pour une durée de 750 ms pour la partie N-1, et de 1.250 ms pour la partie N-2.

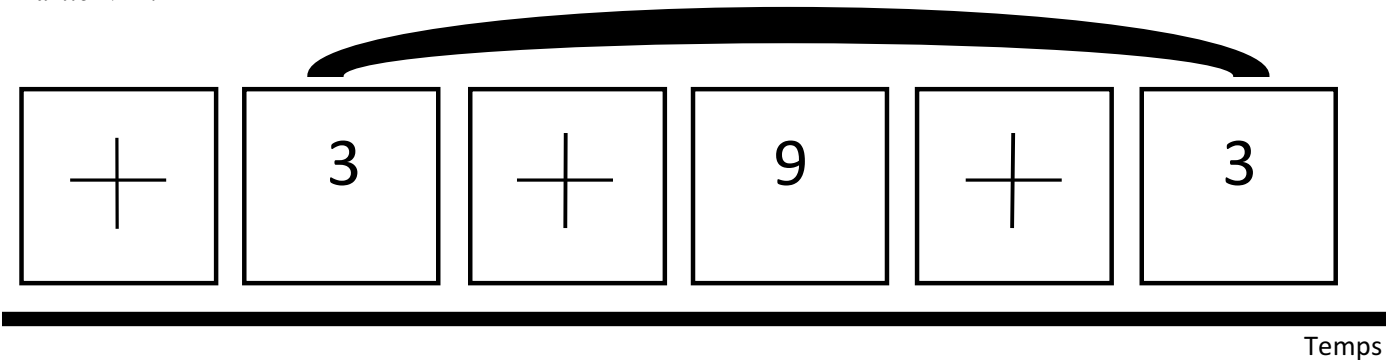
Mesures : afin d'évaluer la performance des participants à cette tâche, nous utiliserons une unique mesure, correspondant au taux de réussite moyen : *acc n1* pour la partie N-1 ; *acc n2* pour la partie N-2.

Illustration de la tâche :

Partie N-1 :



Partie N-2 :



5.3.3 Tâche global / local (31)

Cette tâche a été utilisée dans le but d'évaluer la flexibilité cognitive des deux différents groupes d'enfants impliqués dans cette étude.

Cette tâche a consisté en la présentation de quatre différentes formes géométriques (carré, triangle, pentagone et hexagone) sur un écran d'ordinateur. Chacun des bords de ces formes étaient eux-mêmes constitués de formes géométriques roses jaunes (p.ex un carré avec des côtés composés de petits triangles roses). Les consignes étaient les suivantes : 1) lorsque la forme apparaissant à l'écran était rose, l'enfant devait déterminer de combien de côtés était composé la forme géométrique principale (forme globale), 2) lorsque la forme était jaune, le participant devait signaler le nombre de côtés des petites

formes géométriques (formes locales) composant la grande forme. La tâche s'est déroulée en trois parties : une phase d'automatisation, une partie simple et une partie shifting.

Dans la partie simple, deux différents blocs, composés chacun de l'apparition successive de 12 formes, ont été présenté à l'enfant. Dans le premier bloc, les 12 formes étaient roses, dans le second les formes étaient jaunes. La première partie requière donc la gestion d'une seule règle à la fois : soit l'enfant détermine le nombre de côtés de la forme globale (stimulus rose, globale \Rightarrow globale), soit il détermine les côtés de la forme locale (stimulus jaune, locale \Rightarrow locale). La partie shifting était, quant à elle, composée de quatre différents blocs, contenant chacun la présentation de 24 formes. Dans cette partie, les formes étaient réparties de manière pseudo-aléatoire en formes roses ou jaunes, ce qui signifie que, cette fois, les enfants devaient gérer deux différentes règles lors de la même épreuve. En d'autres termes, les participants devaient être capable de balancer leur attention d'une règle à l'autre (globale \Leftrightarrow locale). Dans ces quatre blocs, la moitié des formes présentées nécessitaient aux participants d'avoir recours à une flexibilité cognitive.

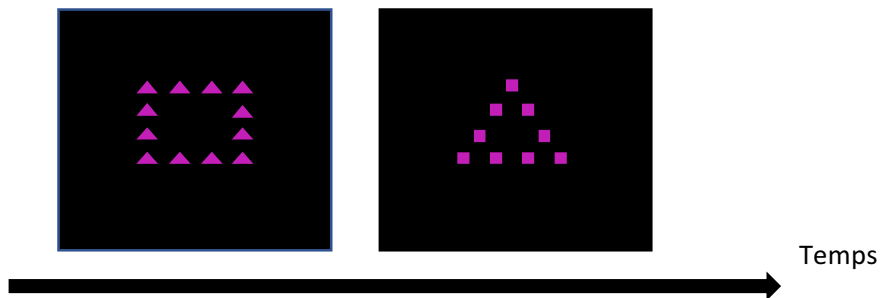
Chaque stimulus démarrait par un bip de 500ms, puis la forme apparaissait. Aussitôt que le participant donnait en appuyant sur un bouton-réponse, la figure disparaissait. Après un temps de 500ms, le stimulus suivant commençait.

Mesures : trois mesures seront analysées pour cette tâche : 1) *le coût global* ($\frac{shift-simple}{simple}$) : correspond au coût en temps de réponse de la gestion de deux règles (partie shifting), en comparaison à la gestion d'une seule règle (partie simple), 2) *le coût local* ($\frac{shifting-pas\ de\ shifting}{pas\ de\ shifting}$) : correspond au coût en temps de réponse du déplacement de l'attention lors de la présence de deux règles au sein de la partie shifting, 3) *le coût mixte* ($\frac{pas\ de\ shifting-simple}{simple}$) : correspond au coût en temps de réponse entre les stimulus ne demandant pas de déplacement de l'attention dans la partie shifting (p.ex forme rose \Rightarrow forme rose) et les stimulus de la partie simple. Un coût de flexibilité élevé représente une flexibilité cognitive moins bonne (31).

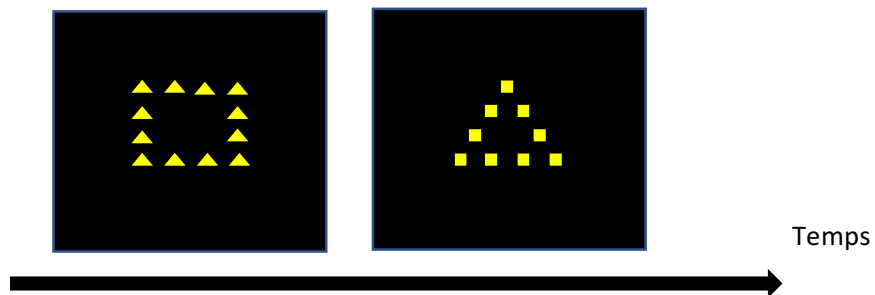
Illustration de la tâche :

Partie simple (une règle)

Bloc 1 : formes roses → évaluer les côtés de la forme globale (grande forme)

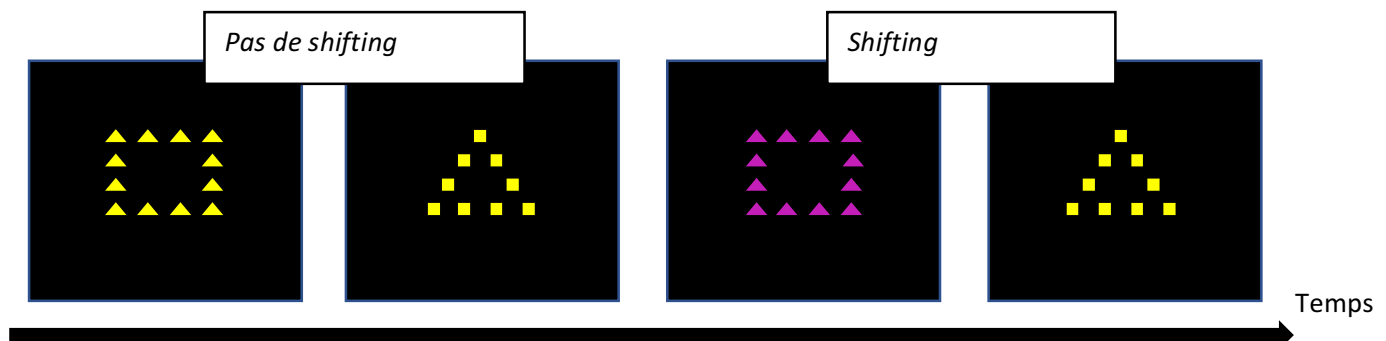


Bloc 2 : formes jaunes → évaluer les côtés de la forme locale (petite forme)



Partie shifting (deux règles)

4 blocs composés chacun d'une répartition pseudo-aléatoire de conditions « *shifting* », et de conditions « *pas de shifting* »



5.3.4 Tâche du Multimorphe (49)

La tâche du Multimorphe permet d'évaluer la capacité de reconnaissance des expressions faciales (basé sur le matériel d'Ekman & Friesen, 1986).

Dans cette tâche, l'enfant a vu apparaître à l'écran un visage neutre qui, de manière dynamique, évolue vers l'une des 6 émotions de base (joie, peur, tristesse, dégoût, surprise et colère). À la fin de chaque stimulus, le visage atteint le 100% de son expression faciale. Aussitôt que l'enfant reconnaissait l'émotion présentée, il devait le signaler en cliquant sur le nom de l'émotion correspondante. Plusieurs essais étaient possibles tant que le visage n'atteignait pas le 100% d'informations émotionnelles, mais lorsque le 100% était atteint, l'enfant devait faire un choix définitif.

La tâche du Multimorphe commence par une phase d'entraînement, permettant à l'enfant de se familiariser avec la tâche.

Mesures : nous nous intéresserons à deux mesures. D'une part, nous analyserons la *sensibilité*, qui représente l'intensité d'expression nécessaire à l'enfant afin d'identifier une émotion (50). Plus le score est faible, plus la sensibilité est bonne. D'autre part, nous observerons le taux de réussite de reconnaissance de l'expression, *acc*, lorsque le 100% de l'émotion est représentée.

Illustration de la tâche :

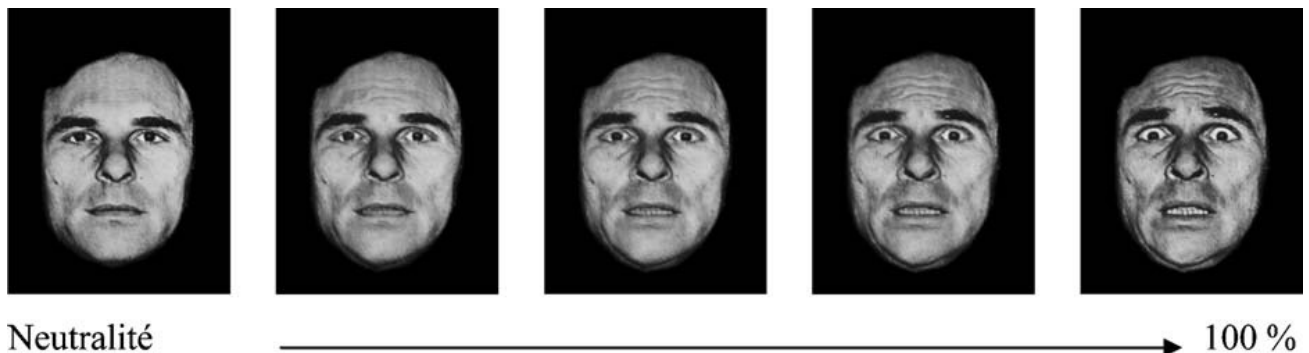


Fig 1 : exemple d'apparition progressive d'expression faciale représentant la peur dans la tâche du Multimorphe (50)

5.3.5 Analyses des données statistiques

Afin de déterminer si les deux groupes (contrôles/EHP) de cette étude suivent une distribution normale (courbe Gaussienne), nous avons utilisé un test de normalité, le test de *Shapiro-Wilk*, qui a pu mettre en avant la répartition normale de nos données, ce qui nous a permis d'effectuer des tests statistiques paramétriques.

Pour notre première hypothèse, qui stipule l'existence d'une différence de performances de nos deux populations dans la réalisation de trois tâches exécutives (tâche du Stop Signal, tâche du N-back, tâche

Global/Local) ainsi que dans l'exécution d'une tâche de traitement émotionnel (tâche du Multimorphe), nous avons utilisé des *T-test*, nous permettant ainsi d'effectuer une analyse comparative des différents scores obtenus par les deux groupes.

Pour notre deuxième hypothèse, traitant des liens potentiels entre les processus exécutifs et les résultats à une tâche de traitement émotionnel dans chacune de nos deux populations cibles, nous avons calculé des coefficients de corrélations de *Bravais-Pearson*.

6 Résultats

Dans cette partie du travail, nous allons décrire les différents résultats obtenus aux différentes tâches (Stop signal, N-back, Global/Local et Multimorphe) pas nos deux groupes, en se basant sur nos deux hypothèses, qui sont : 1) existence d'une différence de performance dans la réalisation de trois tâches exécutives et d'une tâche de traitement émotionnel, et 2) observation des potentielles corrélations entre trois tâches exécutives et une tâche de traitement émotionnel, dans un but de meilleure compréhension des capacités d'auto-régulation des EHP.

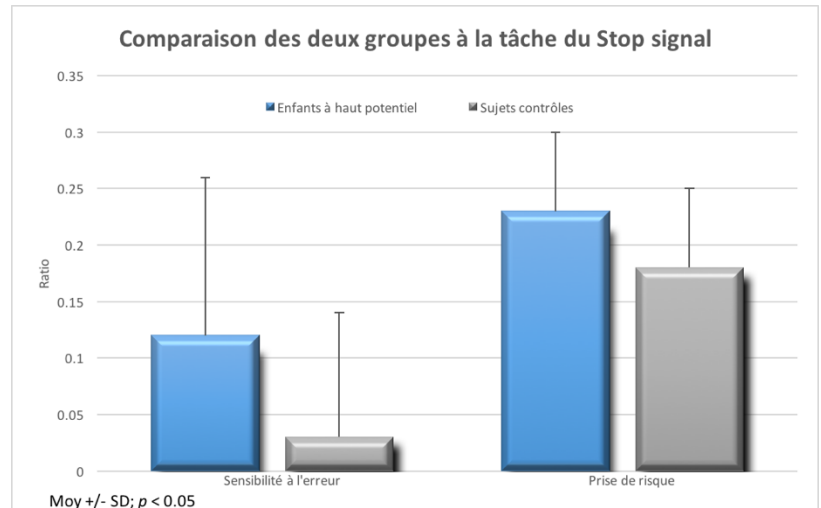
1) Existence d'une différence de performance dans la réalisation de trois tâches exécutives et d'une tâche de traitement émotionnel :

Les résultats obtenus par les participants aux différentes tâches, ainsi que les *T-Tests* effectués dans le but de comparer nos deux populations cibles sont représentés dans le tableau 1.

Tableau 1
 Comparaison des résultats à des tâches exécutives et une tâche de traitement émotionnel entre les EHP et les sujets contrôles

Tâches	Variables	Groupes	n	Moyennes	Ecart-types	Test t	Valeur de p
Stop signal	SSRT	EHP	19	134.86	150.23	-.42	.678
		Contrôles	21	117.57	109.80		
	Sensibilité à l'erreur (ratio_reactive)	EHP	19	0.12	0.14	-2.20	.033
		Contrôles	21	0.03	0.11		
	Prise de risque (ratio_risky)	EHP	18	0.23	0.07	-2.41	.021
		Contrôles	21	0.18	0.07		
N-back	Prudence (ratio_proact_adjustment)	EHP	19	0.22	0.10	1.03	.309
		Contrôles	21	0.25	0.08		
	Acc n1	EHP	19	0.93	0.14	-.49	.626
		Contrôles	21	0.91	0.10		
	Acc n2	EHP	19	0.75	0.13	.77	.447
		Contrôles	21	0.78	0.11		
Global-local shifting	Coût global (ratio_global_shift)	EHP	19	0.64	0.38	-1.34	.189
		Contrôles	21	0.51	0.26		
	Coût local (ratio_local_shift)	EHP	18	0.13	0.14	-.62	.538
		Contrôles	21	0.11	0.13		
	Coût mixte (ratio_shift_mixte))	EHP	19	0.49	0.24	-.71	.483
		Contrôles	21	0.43	0.27		
Multimorphe	Sensibilité (sensitivity)	EHP	19	.80	.10	-.27	.790
		Contrôles	20	.79	.10		
	Taux de réussite (acc)	EHP	19	.78	.08	-.64	.524
		Contrôles	20	.76	.05		

L'analyse des données indique que les EHP obtiennent en moyenne un résultat de 0.12 ± 0.14 lors de l'ajustement réactif (*sensibilité à l'erreur*) dans la tâche du Stop signal, et une moyenne de 0.23 ± 0.07 lors de l'ajustement proactif par accélération du temps de réponse (*prise de risque*) dans la tâche du Stop signal. À ces mêmes tâches, les sujets contrôles obtiennent une moyenne de 0.03 ± 0.11 et de 0.18 ± 0.07 respectivement. Ces résultats nous permettent d'affirmer qu'il existe une différence significative



lors de l'utilisation de ces stratégies dans la tâche pour les deux différents groupes. L'analyse des moyennes démontre que les EHP présentent une plus grande sensibilité à l'erreur comparé au groupe contrôle, ainsi qu'une plus grande prise de risque.

Le reste des données analysées à l'aide de *T-tests* ne montre pas de différence significative entre nos deux échantillons.

2) Observation des potentielles corrélations entre trois tâches exécutives et une tâche de traitement émotionnel :

Les corrélations obtenues, à l'aide du calcul du coefficient de *Bravais-Pearson*, entre les différents scores mesurés dans notre travail sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 2

Corrélation de *Bravais-Pearson* entre les scores mesurés dans trois tâches exécutives (Stop Signal, N-back, Global/Local) et une tâche de traitement émotionnel (Multimorphe)

Tâches exécutives	Tâche du Multimorphe			
	EHP		Contrôles	
	Sensibilité	Taux de réussite	Sensibilité	Taux de réussite
SSRT				
Corrélation de Pearson	.145	-.180	.235	.145
p-value	.555	.462	.319	.542
Sensibilité à l'erreur				
Corrélation de Pearson	-.024	-.124	.065	.005
p-value	.923	.612	.786	.984
Prise de risque				
Corrélation de Pearson	.286	-.024	.145	.084
p-value	.249	.926	.541	.843
Prudence				
Corrélation de Pearson	.008	.114	.094	-.257
p-value	.973	.643	.695	.275
Acc n1				
Corrélation de Pearson	-.435	.142	.168	-.025
p-value	.063	.561	.479	.915
Acc n2				
Corrélation de Pearson	-.644**	.090	.235	-.107
p-value	.003	.714	.319	.654
Coût global				
Corrélation de Pearson	.300	-.330	.484*	.417
p-value	.211	.168	.031	.068
Coût local				
Corrélation de Pearson	.055	-.171	-.252	-.128
p-value	.828	.499	.284	.591
Coût mixte				
Corrélation de Pearson	.296	-.011	.550*	.423
p-value	.219	.964	.012	.063

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Corrélations chez les EHP :

L'étude des liens entre trois processus exécutifs et une tâche de traitement émotionnel a pu mettre en avant le résultat suivant : un score de sensibilité dans la norme au test du Multimorphe corrèle avec de bonnes performances quant au taux de réussite moyen dans la partie N-2 de la tâche du N-Back ($r = -.644$, $p = .003$). Aussi, le lien négatif obtenu indique qu'une plus grande sensibilité de reconnaissance émotionnelle est corrélée à une meilleure mémoire de travail.

Le reste des données analysées à l'aide du coefficient de *Bravais-Pearson* ne mettent pas en avant de corrélation significative entre les différentes tâches administrées aux EHP.

Corrélations chez les sujets contrôles :

Concernant les sujets contrôles, l'analyse des corrélations a révélé les résultats suivants : un bas score de sensibilité à la tâche du Multimorphe corrèle avec un coût global bas et un coût mixte bas à la tâche Global/Local ($r = .484$, $p = 0.31$; $r = .550$, $p = 0.12$). Ces corrélations positives indiquent donc qu'une bonne sensibilité de reconnaissance émotionnelle est corrélée à une bonne flexibilité cognitive.

Le calcul du coefficient de corrélation de *Bravais-Pearson* ne relève pas d'autre corrélation significative entre les scores obtenus aux tâches exécutives et à une tâche de traitement émotionnel.

7 Discussion

Dans cette étude, trois tâches exécutives et une tâche de traitement émotionnel ont été administrées à 40 enfants, 19 EHP et 21 sujets contrôles. Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés aux différences de performances des groupes d'enfants dans la réalisation de trois tâches exécutives (tâche Stop Signal, tâche N-back, tâche Global/local) et une tâche émotionnelle (tâche Multimorphe), dans le but d'observer si un QI élevé est relié à de meilleures performances dans des tâches purement exécutives, et au contraire, à de moins bonnes performances dans une tâche de traitement émotionnel. Dans un second temps, nous avons observé les liens potentiellement existants entre ces fonctions exécutives et le traitement émotionnel, dans l'objectif d'observer l'auto-régulation, qui nécessite un développement harmonieux entre cognition et émotions.

Concernant les différences de performances quant aux différentes tâches, les résultats ont révélé deux éléments. Premièrement, à une tâche d'inhibition de réponse dominante, les EHP montrent une plus grande prise de risque que des enfants tout-venants, représentée par un TR raccourci dans les essais GO ; cela pourrait être expliqué par le fait que les EHP présenteraient une meilleure compréhension de la tâche, en lien avec une maturation du cortex préfrontal plus précoce, leur permettant ainsi de s'adapter plus efficacement à la tâche en cours en usant de stratégies d'ajustement proactifs. L'usage de ce type de stratégies, sous forme d'ajustements du temps de réponse, reflète une bonne capacité du sujet à maintenir son comportement en direction d'un but précis, ainsi qu'une bonne maîtrise du fonctionnement de la tâche, dans le cas de notre étude (51). Nos résultats peuvent également être mis en lien avec divers autres études, qui montrent que les EHP usent de plus de stratégies dans la résolution de problème, ce qui leur confère une meilleure compréhension du problème, une bonne capacité de raisonnement ainsi qu'une vitesse de traitement plus performantes que leurs pairs du même âge (1,12). Deuxièmement, les EHP présentent une plus grande sensibilité à l'erreur, qui se traduit par un ralentissement du temps de réponse après une erreur commise dans un essai STOP; cette sensibilité à l'erreur augmentée dont fait preuve l'EHP peut être mise en lien avec un perfectionnisme de ces enfants, qui les amènent à produire de nombreux efforts, et à persévérer dans les tâches afin d'obtenir l'excellence (5). Aussi, le ralentissement du temps de réponse observé chez les EHP suite à une erreur pourrait traduire une tentative du haut potentiel à optimiser ses réponses, dans le but de mieux performer aux essais suivant (5,48).

Toutefois, nos résultats ne démontrent pas de différence significative de performance dans les autres tâches exécutives administrées aux participants (mise à jour de MdT et flexibilité cognitive). Diverses études ont cependant démontré des liens positifs entre ces deux fonctions et le QI élevé des EHP (11,12,32,33). Ainsi, les résultats obtenus dans notre travail pourraient être expliqués par le fait que les études s'étant précédemment intéressées au lien entre le QI et les FE se sont servies de tâches cognitives

complexes, mesurant divers processus cognitifs au sein d'une même tâche. Les résultats obtenus par les EHP lors de la réalisation de tâches complexes pourraient ne pas être représentatifs des liens spécifiques entre chacune des FE et le niveau de QI. Malheureusement, peu de tâches cognitives s'intéressent spécifiquement à un processus, et bien souvent, divers processus cognitifs sont utilisés par le participant lors d'une tâche (impureté de tâche), ce qui peut amener à des biais de résultats. Les EHP montrent tout de même un développement cognitif précoce, présentant des capacités cognitives globalement meilleures que leur camarade à des tâches cognitives complexes (11–13).

Concernant la tâche de traitement émotionnel, nous nous attendions à de moins bonnes performances des EHP quant au taux de réussite, dues à une hyperstimulabilité émotionnelle de ces enfants, pouvant les amener une moins bonne gestion de la tâche suite à une charge émotionnelle intense provoquée par la vue des images d'Ekman & Friesen (1986) (52) dans la tâche du Multimorphe. Toutefois, aucune différence n'a été mise en évidence entre nos deux populations, ce qui peut être interprété par le fait que l'hyperstimulabilité émotionnelle n'interfère pas négativement avec la reconnaissance émotionnelle, mais participerait plutôt à la mise en place d'une bonne reconnaissance émotionnelle. Il est cependant important de noter que nos résultats sont difficilement interprétables, les EHP de notre étude n'ayant pas été soumis à un questionnaire d'hyperstimulabilité émotionnelle. Il serait ainsi intéressant de répéter la tâche du Multimorphe chez des EHP chez qui une hyperstimulabilité émotionnelle est établie, et ainsi nous pourrions déterminer si effectivement cette dernière participe à la mise en place d'une bonne reconnaissance émotionnelle.

Dans un second temps, nous avons observé les liens potentiellement existants entre l'inhibition de réponse dominante, la flexibilité cognitive, la mise à jour de mémoire de travail et le traitement émotionnel dans un but d'observer les capacités d'auto-régulation, qui nécessitent une interaction dynamique et harmonieuse entre différents processus, dont la cognition et les émotions (43). Une bonne interaction entre les différents processus inclus dans l'auto-régulation (régulation des émotions, régulation de la cognition, régulation des actions, processus « top-down » et « bottom-up ») permet la mise en place d'un comportement appropriés et sera primordiale dans le bon développement intellectuel et social de l'enfant (43). Dans ce contexte, cette étude s'est intéressée aux corrélations entre émotion et cognition chez des EHP, dans un but de déterminer si chez les EHP, qui sont connus pour des difficultés comportementales, la balance entre cognition et émotions ne serait pas optimale, ce qui pourrait expliquer en partie les difficultés comportementales auxquelles ces enfants sont confrontés. Pour cela, les corrélations entre les différents scores obtenus par les EHP ont été observées avec comme hypothèse une absence de corrélation entre la tâche de traitement émotionnel et les trois tâches exécutives. Nos résultats ont mis en évidence un lien entre les capacités de mises à jour de la mémoire de travail et la sensibilité de la reconnaissance émotionnelle. Nous pourrions donc imaginer que les

capacités de mise à jour de mémoire de travail aident à reconnaître plus rapidement les émotions. Les autres données analysées ne mettent pas en avant de corrélation significative entre les différentes tâches, ce qui démontre un fonctionnement indépendant entre les divers processus cognitifs étudiés dans ce travail et le traitement émotionnel. Concernant les résultats obtenus dans le groupe contrôle, nous n'observons pas de corrélation significative entre la majorité des différents scores mesurés. Notons toutefois le lien positif obtenu entre la flexibilité cognitive et la sensibilité des capacités de reconnaissance émotionnelle.

Cette absence de corrélation au sein de nos deux groupes entre les différents scores mesurés ne nous permet pas de confirmer notre hypothèse, qui stipulait la mise en place d'une auto-régulation non optimale chez les EHP. Sur l'unique base de nos résultats, nous ne pouvons savoir qu'elle serait la conséquence de cette absence de corrélation sur le fonctionnement de l'auto-régulation chez les EHP. Ainsi, nous pensons qu'il serait intéressant d'intégrer au sein des différentes fonctions exécutives traitées dans ce travail une information émotionnelle, ce qui permettrait de déterminer plus précisément comment interagissent émotion et cognitions dans la mise en place de l'auto-régulation. Dans ce sens, Urben et al. (2018) se sont intéressés à l'impact direct d'une information émotionnelle sur la réalisation d'une tâche d'inhibition de réponse dominante (tâche de Stop Signal) chez des EHP, et les résultats ont pu démontrer que les EHP bénéficiaient de la présence d'un visage avec une émotion de tristesse dans l'inhibition de leur réponse, lorsque ce visage était pertinent pour la tâche en cours (46). Ainsi, cette étude a pu démontrer que la mise en place de l'auto-régulation était différente chez des EHP comparé à leurs pairs du même âge.

8 Limitations de l'étude

Premièrement, cette étude comporte uniquement des EHP provenant de la consultation ambulatoire du Service universitaire de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent de Lausanne (SUPEA), ce qui limite la généralisation aux EHP ne présentant pas de souffrance nécessitant une aide spécialisée. Par ailleurs, la petite taille de l'échantillon de notre étude, ainsi que de la participation exclusive de garçons à celle-ci, pourraient également réduire la puissance ainsi que la généralisation de nos résultats. En cela, une augmentation du nombre de participants, une sélection plus neutre des sujets ainsi que la participation des deux sexes permettraient une meilleure représentation de la population générale des EHP.

9 Conclusion

Les EHP, bien que possédant un potentiel intellectuel hors normes ainsi qu'un développement cognitif précoce, présentent parfois des parcours de vie difficiles, parsemés de difficultés relationnelles ainsi qu'émotionnelles, pouvant les mener à une isolation sociale, ou encore à des troubles internalisés. La compréhension du fonctionnement de ces enfants est un domaine actuel de recherche, toutefois, le haut

potentiel renferme encore bien des mystères. Dans ce contexte, cette étude a eu pour but de déterminer deux éléments : l'existence d'un lien entre un QI élevé et la réalisation de trois tâches exécutives ; ainsi que les potentielles corrélations existantes entre divers processus exécutifs et l'information émotionnelle chez les EHP. Nous avons pu démontrer que les EHP usent de plus stratégies proactives et réactives dans une tâche d'inhibition de réponse dominante. Concernant les liens entre cognition et émotions, les EHP et les sujets contrôlent présentent tous deux une bonne sensibilité à une tâche émotionnelle, corrélée à une bonne mise à jour de mémoire de travail chez les EHP et à une bonne flexibilité cognitive chez les sujets contrôles. Le reste des corrélations calculées démontre une absence de lien significatif entre les différents scores analysés au sein des deux groupes, démontrant ainsi un fonctionnement indépendant des différents processus mesurés.

Il serait intéressant, suite à ces résultats, de déterminer plus précisément quel impact aurait cette absence de corrélation lors de performances à des tâches exécutives auxquelles serait intégrée une partie émotionnelle.

10 Bibliographie

1. Vaivre-Douret L. Developmental and Cognitive Characteristics of “High-Level Potentialities” (Highly Gifted) Children. *International Journal of Pediatrics*. 2011;2011:1-14.
2. Guignard J-H, Zenasni FF. Les caractéristiques émotionnelles des enfants à haut potentiel. *Psychologie Française*. sept 2004;49(3):305-19.
3. Renzulli JS. Emerging Conceptions of Giftedness: Building a Bridge to the New Century. *Exceptionality*. 1 juin 2002;10(2):67-75.
4. Jambaqué I. Contribution de la neuropsychologie développementale à l'étude des sujets à haut potentiel : une revue de questions. *Psychologie Française*. 1 sept 2004;49(3):267-76.
5. Besançon M, Zenasni F, Lubart T. Le haut potentiel créatif. *Enfance*. mars 2010;2010(01):77.
6. Chung D, Yun K, Kim JH, Jang B, Jeong J. Different Gain/Loss Sensitivity and Social Adaptation Ability in Gifted Adolescents during a Public Goods Game. *Perc M, éditeur. PLoS ONE*. 16 févr 2011;6(2):e17044.
7. Silverman LK. The construct of asynchronous development. *Peabody Journal of Education*. 1 juin 1997;72(3-4):36-58.
8. Lezak MD. The Problem of Assessing Executive Functions. *International Journal of Psychology*. janv 1982;17(1-4):281-97.
9. Gross JJ. *Handbook of Emotion Regulation, First Edition*. Guilford Press; 2011. 673 p.
10. Deslandre E, Lefebvre G, Girard C, Lemarchand M, Mimouni A. Les fonctions exécutives. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*. févr 2004;4(19):8.

11. Arffa S. The relationship of intelligence to executive function and non-executive function measures in a sample of average, above average, and gifted youth. *Archives of Clinical Neuropsychology*. nov 2007;22(8):969-78.
12. Steiner HH, Carr M. Cognitive Development in Gifted Children: Toward a More Precise Understanding of Emerging Differences in Intelligence. *Educational Psychology Review*. 1 sept 2003;15(3):215-46.
13. Johnson J, Im-Bolter N, Pascual-Leone J. Development of Mental Attention in Gifted and Mainstream Children: The Role of Mental Capacity, Inhibition, and Speed of Processing. *Child Development*. nov 2003;74(6):1594-614.
14. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*. août 2000;41(1):49-100.
15. Diamond A. Executive Functions. *Annual Review of Psychology*. 2013;64(1):135-68.
16. Chevalier N. Les fonctions exécutives chez l’enfant: Concepts et développement. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*. 2010;51(3):149-63.
17. Simpson A, Riggs KJ. Under what conditions do young children have difficulty inhibiting manual actions? *Developmental Psychology*. 2007;43(2):417.
18. Friedman NP, Miyake A. The Relations Among Inhibition and Interference Control Functions: A Latent-Variable Analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*. 2004;133(1):101-35.
19. Aron AR, Durston S, Eagle DM, Logan GD, Stinear CM, Stuphorn V. Converging Evidence for a Fronto-Basal-Ganglia Network for Inhibitory Control of Action and Cognition. *J Neurosci*. 31 oct 2007;27(44):11860-4.
20. Verbruggen F, Logan GD. Response inhibition in the stop-signal paradigm. *Trends in Cognitive Sciences*. 1 nov 2008;12(11):418-24.
21. Urban S, Van der Linden M, Barisnikov K. Emotional modulation of the ability to inhibit a prepotent response during childhood. *Dev Neuropsychol*. 2012;37(8):668-81.
22. Li CR, Chao HH-A, Lee T-W. Neural Correlates of Speeded as Compared with Delayed Responses in a Stop Signal Task: An Indirect Analog of Risk Taking and Association with an Anxiety Trait. *Cereb Cortex*. 1 avr 2009;19(4):839-48.
23. Censabella S. Chapitre 5 : les fonctions exécutives. In: *Bilan neuropsychologique de l’enfant* [Internet]. Mardaga; 2007 [cité 21 juin 2018]. p. 117-37. Disponible sur: <https://www.cairn.info/bilan-neuropsychologique-de-l-enfant--9782870099643-page-117.html>
24. Morris N, Jones DM. Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology* [Internet]. 1990 [cité 12 août 2018];81(2). Disponible sur: <https://search.proquest.com/docview/1293708068/citation/A000A2B74777419APQ/1>

25. Urben S, Linden MV der, Barisnikov K. Development of the ability to inhibit a prepotent response: Influence of working memory and processing speed. *British Journal of Developmental Psychology*. 1 nov 2011;29(4):981-98.
26. Chen Y-N, Mitra S, Schlaghecken F. Sub-processes of working memory in the N-back task: An investigation using ERPs. *Clinical Neurophysiology*. 1 juill 2008;119(7):1546-59.
27. Owen AM, McMillan KM, Laird AR, Bullmore E. N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*. 1 mai 2005;25(1):46-59.
28. Kane MJ, Conway ARA, Miura TK, Colflesh GJH. Working memory, attention control, and the n-back task: A question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 20070430;33(3):615.
29. Clément É. Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de la résolution de problème. *L'Année psychologique*. sept 2006;106(03):415.
30. Chevalier N, Blaye A. Le développement de la flexibilité cognitive chez l'enfant préscolaire : enjeux théoriques. *L'Année psychologique*. 2006;106(4):569-608.
31. Delaloye C, Moy G, Baudois S, De Bilbao F, Dubois Remund C, Hofer F, et al. The contribution of aging to the understanding of the dimensionality of executive functions. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 1 juill 2009;49(1):e51-9.
32. Friedman NP, Miyake A, Corley RP, Young SE, DeFries JC, Hewitt JK. Not All Executive Functions Are Related to Intelligence. *Psychol Sci*. 1 févr 2006;17(2):172-9.
33. Ardila A, Pineda D, Rosselli M. Correlation Between Intelligence Test Scores and Executive Function Measures. *Arch Clin Neuropsychol*. 1 janv 2000;15(1):31-6.
34. Robert G, Kermarrec S, Guignard J-H, Tordjman S. Signes d'appel et troubles associés chez les enfants à haut potentiel. *Archives de Pédiatrie*. 1 sept 2010;17(9):1363-7.
35. Brasseur S, Gregoire J. L'intelligence émotionnelle – trait chez les adolescents à haut potentiel : spécificités et liens avec la réussite scolaire et les compétences sociales. *Enfance*. mars 2010;2010(01):59.
36. Bouchet N, Falk RF. The Relationship Among Giftedness, Gender, and Overexcitability. *Gifted Child Quarterly*. 1 oct 2001;45(4):260-7.
37. Van den Broeck W, Hofmans J, Cooremans S, Staels E. Factorial validity and measurement invariance across intelligence levels and gender of the Overexcitabilities Questionnaire-II (OEQ-II). *Psychological Assessment*. 2014;26(1):55-68.
38. Morelock MJ. On the nature of giftedness and talent: *Imposing order on chaos*. *Roeper Review*. sept 1996;19(1):4-12.
39. Grégoire J. Les défis actuels de l'identification des enfants à haut potentiel. *ANAE Approche*

Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant. 2012;25:419.

40. Pfeiffer SI, Stocking VB. Vulnerabilities of Academically Gifted Students. *Special Services in the Schools*. 17 nov 2000;16(1-2):83-93.
41. Blair C, Dennis T. An optimal balance: The integration of emotion and cognition in context. In: *Child development at the intersection of emotion and cognition*. Washington, DC, US: American Psychological Association; 2010. p. 17-35. (Human brain development).
42. Bell MA, Wolfe CD. Emotion and Cognition: An Intricately Bound Developmental Process. *Child Development*. 2004;75(2):366-70.
43. Nigg JT. Annual Research Review: On the relations among self-regulation, self-control, executive functioning, effortful control, cognitive control, impulsivity, risk-taking, and inhibition for developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 58(4):361-83.
44. Nota L, Soresi S, Zimmerman BJ. Self-regulation and academic achievement and resilience: A longitudinal study. *International Journal of Educational Research*. 1 janv 2004;41(3):198-215.
45. Eisenberg N, Sulik MJ. Emotion-Related Self-Regulation in Children. *Teaching of Psychology*. 1 janv 2012;39(1):77-83.
46. Urben S, Camos V, Habersaat S, Stéphan P. Faces presenting sadness enhance self-control abilities in gifted adolescents. *Br J Dev Psychol*. 23 févr 2018;
47. Logan GD, Cowan WB. On the ability to inhibit thought and action: A theory of an act of control. *Psychological Review*. 1984;91(3):295-327.
48. Urben S, Barisnikov K, Linden MV der. Inhibition of a prepotent response and response-strategy adjustments in the stop-signal paradigm: A developmental study. *L'Année psychologique*. 2014;114(1):61-75.
49. Venn HR, Gray JM, Montagne B, Murray LK, Burt DM, Frigerio E, et al. Perception of facial expressions of emotion in bipolar disorder. *Bipolar Disorders*. 2004;6(4):286-93.
50. Robin M, Berthoz S, Kedia G, Dugre-Le Bigre C, Curt F, Speranza M, et al. Apport du Multimorph à l'étude des processus de reconnaissance émotionnelle faciale (REF). Exemple de la personnalité borderline à l'adolescence. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*. 1 mars 2011;169(2):120-3.
51. Dupuis A, Indralingam M, Chevrier A, Crosbie J, Arnold P, Burton CL, et al. Response Time Adjustment in the Stop Signal Task: Development in Children and Adolescents. *Child Development* [Internet]. 30 mars 2018 [cité 1 juin 2018]; Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1111/cdev.13062>
52. Ekman P, Friesen WV. A new pan-cultural facial expression of emotion. *Motiv Emot*. 1 juin 1986;10(2):159-68.